

生命に関する考察 (2)

——生物の個体——

杉 山 卓 世

生物——生物の個体の生命を寿命という。寿命というのは、生命の本質ではない。寿命は、ただ生命現象の一つの状態にすぎない。

生物の個体の寿命は、その個体の創生から終息までの一限界であって、生命の一領域である。

格別、環境の変化を伴わない限りは、生物の種 *species* の生命は、時間に拘束されないで、永遠に継続するものである。

〔I〕

地球を組成し、地球を包む自然界は、生物と、無生物との二つの領域から構成せられている。この自然界を組みたてている万有の基本的成分については、古来、諸説を経て、今日に至っている。

古代ギリシャでは、紀元前七世紀頃、ヘシオドス (Hesiodos B. C. 800 頃) は、万有の基本成分は、「土」であることを、主張した。

地球は、岩石圏、水圏、気圏の三圏から、組みたてられているものとして、その主体成分であるところの“土”、“水”、“空気”、が最初に、人間の思考に、のぼってくることは、当然の順序であると言わなければならない。

紀元前五世紀の中頃には、哲学者、エンペドクレス (Empedokles, B. C. 493-433) は、四元素説を提唱し、“土”、“水”、“空気”、“火”、を万有の基本であるとした。

古代インドでは、紀元前七世紀頃、万物が“地”、“水”、“火”、“風”、か

ら生ずるものとして、四大説が唱導せられ、釈迦牟尼 (Sakyamuni, B. C. 566-486) は、これに“空”を加えて“五元”とした。

アリストテレス (Aristoteles, B. C. 384-322, 哲学者) は、物質の基本的性質を熱冷乾湿の四性 (土—冷乾, 水—冷湿, 火—熱乾, 風—熱湿), と, 元質 (物の本質) とを考えて, 五元とした。

中世の錬金術師は, このアリストテレスの「元質」の思想に, したがって, 物質の相違は, その元質に付与せられた性質の差異によるものとしたのである。すなわち, 物質の種類は, 元質の表装の変異にすぎない。したがって物質の性質は, 変換が可能なものであると信じたのである。

ボイル (Robert Boyle, 1627-1691), は, 1661年に, 「懐疑的化学者」*The Sceptical Chemist* を著述して, 元素の本質を明らかにし, 元素と化合物の区別, 混合物と化合物との区別, を明らかにした。

ここでは, 化学的方法によって, 物質を実験処理してゆくと, 複合物は, それ以上には分解し得ない原始単純物に達する。この原始単純物が元素であると指摘した。

イタリアの化学者, 物理学者アヴォガドロ (Amedeo Avogadro, 1776-1856), は, 1811年に, 有名な“アヴォガドロの法則”を発見して, 分子説を提唱し, あらゆる物質 (元素でも, 化合物でも) は, 分子的構成をもち, 分子が, さらに幾つかの原子から成りたつものであることを明らかにした。

すなわち, 分子とは, 一つの物質が, その特質を失うことなしに存在することのできる最小の単位であるとするのである。

アヴォガドロの法則というのは, “気体および蒸気の容積は一定温度, 一定圧力の下では同数の分子を含む” というのである。

気体一グラム分子 (1 mol) の分子数を, アヴォガドロ数といい, その数値は

$6.02 \times 10^{23} \text{mol}^{-1}$ である。一般に, 0°C , 1atm, の気体 1cm^3 に含まれ

る分子数をいうのである。

物質における分子の概念は、アヴォガドロによって、はじめて導入せられたのである。

分子として最も簡単なものは、ただ一つの原子からできている一原子一分子の物質である。このような分子は、中心の原子核のまわりに、電子が球対称の分布をしている。

二原子分子では、原子核が二つあるので、球状の対称性はなくなる。

近代化学の父といわれている ラヴォワジエ (Antoine Laurent Lavoisier 1743-1794) は、1774年に燃焼の本質(酸素との結合現象)を明らかにし、それまでは、まだ、錬金術的な段階であった化学を真に、自然化学として重厚な学問にまで引き立てたのである。1787年に、彼は、フランスの化学者 L. B. モルヴォー (1737-1816) とともに、「化学命名法」を著述出版して、化学術語の基礎を確立した。

この中で、彼は、質量不変の法則「化学変化に関係する物質の質量の総和は、化学変化の前後において、不変である」ことを明らかにし、元素の概念の定義をしたのである。

彼は、元素を四つに分類して、33種を表示した。

〔元素表〕

(1) 諸物体の元素とみなすことのできる単体。

光。燃素。酸素。窒素。水素。

(2) 非金属性単体。

イオウ、リン、炭素、塩酸根、フッ酸根、ホウ酸根

(3) 金属性単体。

アンチモン、銀、ヒ素、ビスマス、コバルト、銅、スズ、鉄、
マンガン、水銀、モリブデン、ニッケル、金、白金、鉛、
タングステン、亜鉛

(4) 土状単体。

酸化カルシウム（石灰土）	酸化マグネシウム（苦土）
酸化バリウム（重土）	酸化アルミニウム（バン土）
酸化ケイ素（ケイ土）	

彼は、有機化学の元素分析の源を開き、1781年に、生物体の呼吸現象は、一種の燃焼にほかならぬことを実証したのである。

自然界を構成している種々の物質の基本成分である元素とは何であるか、

放射能発見以前の近世化学における元素の定義では、次のような特性をもつものとせられている。

- (1) 元素は、それ以上に簡単な物質に、分解することができないものである。
- (2) 元素は、等しくない成分に分けることができないものである。
- (3) 元素は、他の物質から合成することはできないものである。

要約すれば、元素というものは、自然界に独立永存する物質の極限単位である、ということである。

元素の周期表 (1)

元素の周期表 (1)																			
1 11 1.00797																			
金 属 元 素																			
非 金 属 元 素																			
I	II	A	III	IV	A	V	VI	A	VII	A	0	不活性 気 体							
3 Li 6.939	4 Be 9.0122		5 B 10.811	6 C 12.01115	7 N 14.0067	8 O 15.9994	9 F 18.9984	10 Ne 20.183											
11 Na 22.9898	12 Mg 24.312		13 Al 26.9815	14 Si 28.086	15 P 30.9738	16 S 32.064	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948											
19 K 39.102	20 Ca 40.08	21 Sc 44.956	22 Ti 47.90	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.9381	26 Fe 55.847	27 Co 58.9332	28 Ni 58.71	29 Cu 63.54	30 Zn 65.37	31 Ga 67.72	32 Ge 72.59	33 As 74.9216	34 Se 78.96	35 Br 79.909	36 Kr 83.80		
37 Rb 85.47	38 Sr 87.62	39 Y 88.905	40 Zr 91.22	41 Nb 92.906	42 Mo 95.94	43 Tc 99	44 Ru 101.07	45 Rh 102.905	46 Pd 106.4	47 Ag 107.870	48 Cd 112.40	49 In 114.82	50 Sn 118.69	51 Sb 121.75	52 Te 127.60	53 I 126.9044	54 Xe 131.30		
55 Cs 132.905	56 Ba 137.34	57-71 * La (226)	72 Hf 178.49	73 Ta 180.948	74 W 183.85	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.09	79 Au 196.967	80 Hg 200.59	81 Tl 204.37	82 Pb 207.19	83 Bi 208.980	84 Po (210)	85 At (210)	86 Rn (222)		
87 Fr (223)	88 Ra (226)	89-102 **																	

* ランタン系列元素

** アクチニウム系列元素

* ランタン系列元素

** アクチニウム系列元素

57 La 138.91	58 Ce 140.12	59 Pr 140.907	60 Nd 144.24	61 Pm (147)	62 Sm 150.35	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.924	66 Dy 162.50	67 Ho 164.930	68 Er 167.26	69 Tm 168.931	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97
89 Ac (227)	90 Th 232.038	91 Pa (231)	92 U 238.03	93 Np (237)	94 Pu 242	95 Am (243)	96 Cm 247	97 Bk (249)	98 Cf (251)	99 Es 254	100 Fm (253)	101 Md (256)	102 No (259)	

注 イタリックスは遷移金属元素。93番元素以上の元素はしばしば超ウラン元素とよばれる。族に付したA, Bは遷移元素とそれ以外のものを区別するための記号で従来のa, b亜族を表わすものとは無関係である。

十九世紀のはじめに、イギリスの化学者ドルトン（John Dalton 1766–1844）は、物質の分子、元素分子を構成している微細な粒子を考え、恒常不変な要素として、原子と命名し、原子説を提唱した。

原子 atom というのは、これ以上分割できないという意味をもつのである。そこで、各元素は、それぞれ一の性質および質量を有する微粒子すなわち原子から成るものであると、仮定した。

この原子説は、物質はすべて、物理的に、分割し得る最終の微粒子すなわち分子を有し、分子は、さらに、一個もしくは数個の異なる原子から構成せられており、化学的操作によって、原子に分けることができる。

すなわち、分子は、物質の種類を決定し、原子は、元素を特質づけるのである。

例えば、水素元素の一分子は、二個の原子によって構成せられている如きものである。

原子は、当初、物質の基本的な構成要素として、恒常不変なものと考えられてきたのであるが、物質そのものに対する可変的流動の思想は、古代エジプトの冶金術に発祥し、秘教科学を形成し、さらに、人間の化学的技術的知識をつちかい、医学的、博物学的知識と結びついて、錬金術では、卑金属は、その原質である黒い上に還元でき、これを、黄白色あるいは白色化すれば、金あるいは、銀を、得ることができるという思想である。

錬金術は、古代ギリシャ、ローマを経て、アラビア人によって開拓せられ、十三世紀末には、金属の特性に関する認識に導かれて、化学的認識が、徐々に進行し、実験技術の進歩と、経験的知識の集積がおこなわれた。

しかし、中世紀における錬金術の中で、呪術的、魔術的な自然観と、実験的事実の間のくいちがいが、漸次、大きくなってきた。

アラビア錬金術は、十二世紀半頃に、ヨーロッパに移入せられ、その錬金術の理論の中で、金属の特性の認識に導かれて、化学性の認識が、次第に、成長した。

十三世紀末の作品と推定せられている錬金術書「偉大な術の全集成」*Summa Perfectionis Magisterii* は、ヨーロッパ錬金術とともに、ヨーロッパ化学の確立を告げるものとして、重視せられた。

中世錬金術は、物質（元素）の相互変換を実現することを目的として――可能ならしめるものとして成り立っていた。

この幻術的観念を宿命的に帯びてきた錬金術の夢であった「元素」の相互変換は、この後、世界人類が、関心をもつ重大な現実として展開せられてきたのである。

十九世紀末から二十世紀にかけて、原子は、原子核、電子などの微細な粒子から構成されていることが、明らかにせられた。

しかし、普通の化学変化は、電子の移動によって、ひきおこされ、原子核の変化は、あずからないので、原子は、まとまった不変な基本的要素として、取り扱ってよいものとせられている。

その後、さらに、原子核が、陽子、中性子などの微粒子に分解せられることが発見せられて、原子の不滅性は、くつがえされ、物質は、相互に変換し得ることが、実証せられてきた。したがって、今日では、原子という概念は、それほど重要な意味をもたなくなったといえることができる。

〔Ⅱ〕

地球上、自然界に存在するものは、生物と無生物だけである。

その生物と無生物とを構成する基本的物質は、すべて元素である。

換言すれば、地球そのものを、組み立てている生物と無生物を、それぞれに粉末にして、供試実験資料とした場合に、実証せられるものは、元素の周期表に在る元素だけであるといえることができる。

したがって、生物も無生物も、その本体が組み立てられている構成要素は、すべて、相等しく元素である。元素以外の物質というものは、全くな

いのである。

ただ、生物は、細胞という特殊の整形物質から構成せられている。その細胞は“生命”を負荷している、そして、その細胞は、自体をつくりあげる特殊な物質を、周囲の環境の中から、取り入れて、自体を同化するという特異性がある。

無生物は、飽和した溶液中から、単に、分子を自身に結合させるだけである。

このように、生物は、物質交代を基礎として、存在を継続する。無生物は、そうではない。これが、生物と無生物との間に横たわる最も大きな差異である。

生物の細胞は、原形質と、その生成物から構成せられて、生物体の組織の中に在って、それぞれ独立した生命単位としての個性を持っているのである。

生物と、無生物とは、その構成単位は、相等しく“元素”であるけれども、生物と無生物とを、截然として区別しているものは、生物に負荷せられている“生命”である。また生命に由来する生命現象である。

生物の個体は、生命を負荷することによって、生物と呼ぶことが出来るのである。もし、その個体が一度、生命を失えば、それは、もはや生物ではない。全く無生物としての機能だけしか保有せず、無生物にすぎないものとして処理せられるのである。

生命の起源、生物の生命の本質が、何であるかということは、古代以来連綿として、議論せられ、追求せられてきた。そして、生命現象に関する実験研究は、科学技術の発達とともに、ますます高度に展開せられ、精緻をきわめてゆくのであるが、生命の起源と本質とは、依然として、幽遠の

彼方に在るものである。

〔Ⅲ〕

生物の個体の構成単位は、細胞である。

個々の細胞を組成している主要成分は、水であり、タンパク質である。

タンパク質の必要な素材は、アミノ酸類である。すなわち、アミノ酸類が、化学的に結合した高分子化合物である。

これらの化合物は、すべて、元素の結合によって生成せられているものである。

生物の個体を組成しているものは、水分 (H_2O)、と炭素化合物 (CnX) とに集約せられる。

人 体 の 元 素 組 成 表 (%)

元 素 名		%		
酸 素	O	66.0	} 93.7	} 100
炭 素	C	17.5		
水 素	H	10.2		
窒 素	N	2.4		
カルシウム	Ca	1.6	} 99.9	
リ ン	P	0.9		
カリウム	K	0.4		
ナトリウム	Na	0.3		
塩 素	Cl	0.3		
イ オ ウ	S	0.2		
マグネシウム	Mg	0.05		
鉄	Fe	0.005		
亜 鉛	Zn	0.002		
銅	Cu	0.0004		
マンガン	Mn	0.00005		
微量元素（類元素名，別表）				

(註) 微量元素類

元 素 名		元 素 名	
ニッケル	Ni	鉛	Pb
コバルト	Co	錫	Sn
アルミニウム	Al	モリブデン	Mo
チタン	Ti	バナジウム	V
ホウ素	B	ケイ素	Si
ヨウ素	I	臭素	Bs
ヒ素	As	フッ素	F
		(以上)	

生体乾燥物質分析(%)

元 素 名		ヒ ト	ウマゴヤシ
炭 素	C	48.43	45.38
酸 素	O	23.70	41.04
窒 素	N	12.85	3.30
水 素	H	6.60	5.54
カルシウム	Ca	3.45	2.31
イ オ ウ	S	1.60	0.44
リ ン	P	1.58	0.28
ナトリウム	Na	0.65	0.16
カリウム	K	0.55	0.90
塩 素	Cl	0.45	0.28
マグネシウム	Mg	0.10	0.33
(計)		99.96	99.96

活発に生活を営んでいる生物では、その個体は、水分が大部分を占めている。また水分を除いた乾燥物質の分析でみると、動物(例、ヒト)でも、植物(例、ウマゴヤシ)でも、その約半分が、炭素である。そのあとの主なる元素は、酸素、窒素、水素などである。

約10種位の元素で 100 % 近くを占めているのである。

生物の個体の乾燥物質の組成分析のうち、炭素がその約半分を占めている。その炭素の性状についてみると、

炭素は、原子価 4 価である。したがって、いろいろな元素原子と直接に

結合することができるし、また、相互にむすびついて、鎖状や環状の多種多様な化合物を生成することができる。

炭素のこの性状が、生物組成の基盤物質として、第一位に位置づけられている要因である。

また、炭素は、容易に燃焼するという一方で、熱力学的には不安定であるけれども、実際には、反応速度面では、安定である、すなわち、化合物として安定である。

生物の個体は、本来不安定なものである。したがって、その基盤としての組成物質は、やはり不安定なものであるにちがいない、しかし、全然、不安定な物質であってはならない。炭素化合物が、本質的には不安定であるけれども、実際的には、それほど不安定ではない、ということが、生物の個体の組成に適合しているわけである。

生物の個体の基本的な特徴は、水と炭素化合物を基盤的物質とした組成物である、ということができる。

生物体が、正常な生活現象を営むために、必要な元素を、生元素という。

生元素と、一概に言っても、その中には、生物体一般に共通的なものと、また、特定の生物体だけに必要なものがある。例えば炭素、酸素、水素、窒素などは、生物一般に共通する生元素であるということができる。

ヒトについてみると、一般に、みとめられている生元素は、多量にある酸素、炭素、水素、窒素、ナトリウム、カルシウム、塩素、リン、イオウ、カリウム、マグネシウム をあげることができる。微量生元素としては、鉄、マンガン、銅、亜鉛、ヨウ素、フッ素、コバルト、モリブデンがある。

生物が正常な生活現象を営むのに必要な元素——生元素について、元素の周期律表では、生物をつくる元素は、周期律表の第Ⅰ族から第Ⅷ族まで広く分布しているけれども、その大部分が第Ⅰ周期から第Ⅳ周期までに属

4000 880 ランタン 57
1400 800 セリウム 58
3300 940 フラセ オシム 59
3027 1024 ネオジム 60
2730 1080 フロメ チウム 61
1900 1052 サマリウム 62
1439 1150 ユウロ ビウム 63
3000 1350 カドリ ニウム 64
2800 1450 テルビウム 65
2600 1500 ジスフロ シウム 66
2600 1500 ホルミウム 67
2900 1525 エルビウム 68
1727 1600 ツリウム 69
1800 イッテル ビウム 70
1700 ルテチウム 71

	I A	II A	III B	VI B	V B	VI B	VII B	VIII	
1	—253 —259 水素 1								
2	1336 179 リチウム 3	2970 1280 ベリリウム 4							
3	883 98 ナトリウム 11	1107 650 マグネシウム 12							
4	760 64 カリウム 19	1200 850 カルシウム 20	2500 1400 スカンジウム 21	3260 1800 チタン 22	3000 1726 バナジウム 23	2200 1905 クロム 24	2090 1247 マンガン 25	3000 1535 鉄 26	3100 1492 コバルト 27
5	700 39 ルビウム 37	1364 757 ストロンチウム 38	3000 1490 イットリウム 39	3580 1900 ジルコニウム 40	2900 2415 ニオブ 41	4600 2620 モリブデン 42	2140 テクネチウム 43	3700 2500 ルテチウム 44	4500 1966 ロジウム 45
6	670 29 セシウム 55	1638 850 バリウム 56	4000 880 ランタン 57						
			↓ 1700 ルテチウム 71	3400 2207 ハフニウム 72	4100 3000 タンタル 73	5700 3370 タングステン 74	5900 3167 レニウム 75	5500 2700 オスミウム 76	4800 2450 イリジウム 77
7	1140 960 フランシウム 87	1140 960 ラジウム 88	アクチニウム 89						
			↓ ローレンシウム 103						
	I A	II A	III B	IV B	V B	VI B	VII B	VIII	

									沸点(℃) 融点(℃)	3300 1050 アクチ ニウム 89
	I B	II B	III A	IV A	V A	VI A	VII A	0		3000 1800 トリウム 90
									-269 -272 ヘリウム 2	1875 プロトアク チニウム 91
			2550 2300 ホウ素 5	4200 3530 炭 素 6	-196 -210 窒 素 7	-183 -219 酸 素 8	-188 -218 フッ素 9	-246 -249 ネオン 10	2	3500 1133 ウラン 92
			2270 660 アルミ ニウム 13	2335 1414 ケイ素 14	281 44 リ ン 15	445 119 イオウ 16	-34 -101 塩 素 17	-186 -189 ネオン 18	3	640 ネプツ ニウム 93
3000 1455 ニッケル 28	2595 1083 銅 29	907 419 亜 鉛 30	2000 30 ガリウム 31	2700 959 ゲルマ ニウム 32	615 ヒ 素 33	680 217 セレン 34	59 -7 臭 素 35	-153 -157 クリプトン 36	4	3235 640 フルト ニウム 94
2200 1555 パラジウム 46	1980 961 銀 47	767 321 カドミウム 48	2100 156 インジウム 49	2270 232 ス ズ 50	1640 631 アンチモン 51	1390 450 テルル 52	184 114 ヨウ素 53	-108 -112 キセノン 54	5	2607 850 アメリ シウム 95
									6	950 セリウム 96
									6	バーク リウム 97
3800 1773 白 金 78	2600 1063 金 79	357 -39 水 銀 80	1457 303 タリウム 81	1750 327 鉛 82	1560 271 ビスマス 83	962 250 ポロニウム 84		-62 -71 アスタチン 85 ラドン 86	7	カリホル ニウム 98
									7	アインスタ イニウム 99
									7	フェル ミウム 100
									7	メンテル ヒウム 101
	I B	II B	III A	IV A	V A	VI A	VII A	0		ノーベ リウム 102
										ローレン シウム 103

元素周期律表(2)

し、生物は、原子番号の小さな元素で構成されていることがわかる。ことに比較的多量に含まれる生元素は原子番号20までに属するものであることがわかる。

地球上にある元素は、約90種であるけれども、生物体は、そのうち約10種ほどの元素だけで構成せられているということは興味ある事実である。

生物の個体は、主として、地球の表層部分を生活の根拠としていることから、生物の個体を構成する元素と、地殻を構成する元素との関連状態を比較考察してみると、

まず、地殻を構成する元素については、次のようである。

地殻中における元素の平均存在量 (%)

元 素 名	%	元 素 名	%
O 酸素	46.6	H 水素	0.14
Si ケイ素	27.7	P リン	0.12
Al アルミニウム	8.1	Mn マンガン	0.10
Fe 鉄	5.0	F フッ素	0.07
Ca カルシウム	3.6	S イオウ	0.052
Na ナトリウム	2.8	Ba バリウム	0.040
K カリウム	2.6	C 炭素	0.032
Mg マグネシウム	2.1	Cl 塩素	0.020
Ti タン	0.44	N 窒素	0.0046

これによると、地殻中に、多量に存在するケイ素 (Si) は、特殊の生物を除いては、一般の生物にとって、微量成分の立場にあり必ずしも必要元素とは成っていない。

アルミニウム (Al) についても、同じような結論をすることができる。

生物の最も重要な元素である炭素 (C)、窒素 (N) についても、地殻中には、その含有量は少ない。

これらのことから、地殻の組成と、生物の個体の組成とには、格別な相関関係が存在するものとは考えられない。

原子番号の小さい元素の簡単な化合物は、多くは水溶性であり、循環、排出、代謝が、容易であり、また、それらの元素化合物は、大部分が、熱、電気の不良導体であり、大きい比熱をもっている。これらの点が、生物体の基本的単位である原形質の性格と符合している事実を指摘しなければならない。

これらの元素は、生物の個体内に、長い進化の過程で選択がなされ定着してきたのである。

生元素のうち、多量に存在するものは、生物体を構成している分子を形成している。

また、微量生元素は、生物体内化学反応の触媒である酵素などの成分となっているのである。

地球上の生物の生活する全体を生物圏という。

生物圏は、地球上における生物に対するエネルギー転換に大きな緩衝作用をしている。

もし、生物圏がなければ、太陽から地球へあたえられるエネルギーは、ほとんど、熱になってしまうのである。

生物圏では、緑色植物が太陽から来る光のエネルギーを吸収し、それによって、 CO_2 、 H_2O 、その他の無機物から有機物を合成し、増殖する。

多くの生物は、このようにして造成せられた有機物に、直接間接に依存して増殖するのである。

要するに、生物圏は、太陽のエネルギーに依存して、合成その他の生物的工作をおこない、終局的には、熱としてエネルギーを放出する。

生物圏の量は、水圏、気圏との相対重量であらわすと、次のようである。

(種別)

水	圏	69,100
気	圏	300
生	物 圏	1

ここに表示せられるように、生物圏で占めている量は、きわめて少ない。

しかし、生物は、活発に代謝作用をしているので、それが地球上の化学組成に及ぼす影響は、きわめて大きいのである。

気 圏 の 組 成 (表)

種 別		体質組成
元素その他		%
N ₂	窒 素	780,900
O ₂	酸 素	209,500
A	ア ル ゴ ン	9,300
CO ₂	二酸化炭素	300
Ne	ネ オ ン	18
He	ヘ リ ウ ム	5.2
CH ₄	メ タ ン	2.2
Kr	クリプトン	1
N ₂ O	亜酸化窒素	0.5
H ₂	水 素	0.5
Xe	キ セ ノ ン	0.08

緑色植物は、太陽の光のエネルギーを用いて、水を分解し、一方において、酸素 (O₂) を空気中に放出し、他方、水素 (H₂) に相当する還元性物質を生産する。

それは、きわめて複雑な過程を通して、二酸化炭素 (CO₂) を糖、その他の有機化合物に転化する。

これは、生物の側から見れば、太陽の光のエネルギーを有機化合物の中の化学的潜在エネルギーに変換したことである。

これが、直接間接に、地球上のすべての生物が用うところのエネルギー源である。

これに依存して、すべての生物は生きているのである。

参 考 文 献

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| 沼野井春雄 | 生物学概論 | 昭和52年 | 裳 華 房 |
| 佐藤 七郎 | 細 胞 | 1962 | 岩波書店 |

江上不二夫	生命を探る	1975	同
時実 利彦	脳 の 話	1975	同
入来 重盛	生 物 学	1972	森北出版
織田秀実外	生 物 学	1976	開成出版
今西 錦司	進化とは何か	昭和51年	講 談 社
小尾 信弥	宇宙の科学	昭和49年	日本放送

Cyril Pomamperma

大島泰郎訳 生命の起源

T B S プリタニカ